取扱説明書

熱電対

安全上の注意

　ご使用の前に、この「安全上の注意」と次に続く「取扱説明書」を熟読し、御理解された後に正しくお使い下さい。以下に示す注意事項は温度センサを取り扱う、あなた及び周りの人への危害や損害を未然に防ぐためのものです。万が一誤った取扱や操作を行った場合に予測される内容を、次の２つのレベルに区分し記載しています。

警　告	注　意
誤った取り扱いをすると、人が死亡または重傷を負う可能性がある場合。	誤った取り扱いをすると、人が中程度または軽傷を負う可能性がある場合。また物的損害のみの発生が想定される場合。

尚、注意に記載した事項でも、状況によっては重大な事故に結びつく可能性もあります。
いずれも、安全上で必要なことばかりです。必ずお守り下さい。

表現	意味
重傷	失明、けが、火傷（高温・低温）、感電、骨折等により後遺症が残るもの、及び治療のため長期の入院や通院を必要とする障害。
軽傷	治療のために長期の入院や通院を必要としない程度のけが、火傷（高温・低温）、感電等の障害。
物的損害	財産の破損、及び設備機器の損傷に関わる直接的、間接的な損害。

取り付ける場合

警告	**温度センサのケーブルを電源端子に 接続しないこと。**

温度センサのケーブル（延長導線）は、必ず受信計器の端子に接続して下さい。誤って電源に接続すると温度センサやケーブルが発熱し、高温となり火傷や火災あるいは爆発の原因となります。

警告	**温度センサを乱暴に取り扱わないこと。**

温度センサはその型式によっては相当な重量があります。乱暴に扱い設置場所から落下させると、人体に損傷を与えます。また、測温抵抗体は内部に極細の白金線が組み込まれているため、極めて繊細です。投げたり、落下させることの衝撃が原因で正確な温度測定が出来なくなります。また、磁器硝子や磁器保護管を有した製品は極めてもろいため、特に取り扱いには十分な注意が必要です。

警告	**危険場所に設置する温度センサは周囲温度６０℃ 以上の場所には設置しないこと。**

危険場所に設置する温度センサは、周囲温度６０℃未満の場所での設置を前提としています。安全確保のために設置場所の周囲温度を確認下さい。

警告	**導線接続後、端子箱の蓋は確実に締めること。**

導線接続後、パッキングの装着を確認した後、端子箱の蓋を確実に締めてほこりや雨水の浸入を防いでください。特に防爆形の場合には防爆性能を損ないますから、必ず工具を用いて締めてください。ほこりや雨水が浸入すると製品性能を発揮できないことがあります。

注意	**ネジ及びフランジ接続は確実に。**

温度センサの装置等を取り付ける場合、取り合いはネジまたはフランジとなります。ネジの場合はテーパネジにはシールテープまたはシール剤を用い、平行ネジの場合にはガスケットを用い、必ずスパナを用いて締め付けてください。フランジの場合は必ず指定されたガスケットを用い、均等にボルトを締めて下さい。気密性を要求する場合は、締め付け後気密検査を実施して下さい。保護管へのセンサのねじ込み部分は、現場で必ず増し締めを行ってください。

注意	**シース型温度センサの曲げる箇所と 曲げ半径に注意。**

シース型温度センサはその外径の２倍の半径まで曲げ加工可能ですが、戻すと破損します。現地で加工する場合は５倍程度の半径で曲げてください。また、シース測温抵抗体の先端部には抵抗素子が入っていますので、先端から*１００mm*は絶対に曲げないで下さい。

注意	**端子部およびリード線との接続部は、８０℃以上の高温にさらさないこと。**

温度センサと導線との接続箇所は、高温にさらされると絶縁抵抗が低下したり、誤差を生ずることがあります。高温用の指定がない製品の端子部およびリード線との接続箇所は、８０℃以下になるようにしてください。

注意	**端子への導線接続時に極性確認を確実に。**

温度センサの端子へ導線を接続する際は極性を十分確認の上、行ってください。極性を間違えて接続すると、大きな誤差が生じ、正しい温度計測が出来ません。

保守･点検の場合

警告	**プラント稼動時の点検には絶縁抵抗計の使用禁止**

プラント稼動時には爆発性ガスが漏洩する恐れがあります。したがって、温度センサの機能確認のために、絶縁抵抗計は使用しないで下さい。高電圧を印可する絶縁抵抗計は計測時に火花を生ずる可能性があり、爆発性ガスの点火源となりかねません。

警告	**危険場所に設置する温度センサは現場での分解・修理は行わないこと。**

危険場所に設置する耐圧防爆型温度センサは、国家の検定を受けた構造で製造している為、認定された製造工場以外での分解・修理等は安全確保のために認められていません。必ずメーカーに返送して、修理を行うようにしてください。現地での改造・修理は絶対に行わないで下さい。

警告	**保守・点検・交換時は運転停止と常温・常圧を確認すること。**

温度センサの設置場所は高温・高圧となっている場所が多いため、運転中や運転停止後すぐに点検作業を始めることは極めて危険です。点検・交換作業は運転停止を確認し、温度・圧力が周囲と同一になってから始めてください。

注意	**温度センサの感温部を安易に触らないこと。**

温度センサは高温や低温測定で使用されます。したがって、測定箇所から点検の為に温度センサを引き抜いた場合、温度センサは高温または低温になっていることがあります。素手で触ると火傷や凍傷を負うことがありますので、注意が必要です。温度が常温近傍になるまで触れないで下さい。

注意	**リード線付温度センサのリード線部分を無理に引っ張らないこと。**

　リード線付の温度センサのリード線を無理に引っ張ると、接続部分が断線する恐れがあります。フレキシブルチューブで保護されている場合は、かみ合わせ部分が外れる場合もあります

注意	**温度センサを足場にしないこと。**

　プラントや装置に取り付けられた温度センサを、点検等の作業時に足場として使用しないで下さい。温度センサには機械的強度はありませんので、折損や導線の断線事故につながる恐れがあります。

保管の場合

注意	**温度センサは乾燥した清浄な場所で保管すること**

　温度センサを保管する際、湿度の高い場所では絶縁抵抗が低下することがあります。
必ず、乾燥した清浄な場所で保管してください。

廃棄の場合

注意	**不要になった温度センサは産業廃棄物として処理すること。**

　不要になった温度センサを破棄する際、産業廃棄物として処理してください。
処理が困難な場合は都道府県知事の認可を受けた、産業廃棄物処理業者に処理を委託して下さい。

注 記 ： １，本書及び取扱説明書に記載した内容は予告なしに変更することがあります。
２，本書及び取扱説明書は細心の注意を払い作成しましたが、万一不備な点や誤り、記入漏れ等お気づきの点がありましたら、弊社までお知らせ下さい。

１、温度センサの種類

一般に工業用として多く使用される温度センサは、熱電対・測温抵抗体・放射温度計に大別されます。これらのセンサが工業用に広く使用されている理由は、棒状水銀温度計やバイメタル式温度計と異なり、出力を伝送可能な電気信号として外部に取り出すことが出来るからです。測温抵抗体は工業用としては高精度での温度測定が可能であることも、広く使用される理由になっています。

放射温度計は非接触測定である為、直接温度センサを接触させて測定できないものの温度管理に利用されています。例えば、製鋼における連続製鋼ラインでの鋼板表面温度や、フィルム上の製品の温度管理等です。

現在の製造産業、特に鉄鋼や石油化学、およびエネルギー関連産業である電力やガス等の製造プラントにおいて、それらの運転は様々なセンサからの電気信号を利用して、各種操作部が制御されるようになっています。その信号の多くはＤＣ４～２０ｍＡの統一信号で伝送されるケースが増えており、温度センサにも端子箱に変換器を内蔵して、温度伝送器としたものが増えてきています。

２、熱電対の測定原理

熱電対とは２種類の異なった金属の導線A,Bの両端を接続して閉回路を構成した時、その両端に温度差T1,T2を与えるとその回路に電流が流れる現象を利用したものです。実際に使用する際は、片側を温度を測定する箇所に設置し、他端を計測器に接続することで発生した電流を電圧として測定し温度に換算します。

通常は温度差によって発生する電圧、専門的な呼び方では熱起電力のわかっている２種の金属線の組み合わせで熱電対を構成します。クロメルーアルメルはもっとも有名な２種の合金線の組み合わせで、以前はその頭文字からCA熱電対と呼ばれていました。現在はK熱電対と呼ばれています。

温度を測定する側の接点を測温接点または熱接点と呼び、反対側を基準接点と呼びます。一般的には基準接点を０℃に保ち、測定する側との温度差による熱起電力を測定します。この場合は基準接点を冷接点ともいいます。この基準接点を０℃として、温度と熱起電力の関係をあらわした表を基準熱起電力表といい、JISをはじめとしてIECやASTM等の規格に規定されています。以前は各国の規格で基準熱起電力は異なっていましたが、現在は同一の基準熱起電力表を採用しています。

種　類	構成材料		特　　徴
B	＋	Pt-30Rh	870℃～1700℃までの酸化性または不活性雰囲気に適する。真空中では短時間。還元性雰囲気や金属蒸気を含む雰囲気は不適。常温での熱起電力が小さいので補償導線は不要。
	－	Pt-6Rh	
R	＋	Pt-13Rh	0℃～1480℃までの酸化性または不活性雰囲気に適する。還元性雰囲気や金属蒸気を含む雰囲気は不適。白金系の熱電対は直接金属保護管の中に挿入して使用してはならない。
	－	Pt	
S	＋	Pt-10Rh	
	－	Pt	
N	＋	Ni-14.2Cr-1.4Si	K熱電対の欠点を取り除くために開発された。Siを+/-両側の線で増加させ更に+側のCr量を増加し高温での耐酸化性を改善し、かつショートレンジオーダリング特性を減少させた。
	－	Ni-4.4Si-0.15Mg	
K	＋	Ni-10Cr	-200℃～1260℃までの酸化性または不活性雰囲気に適する。還元性の雰囲気には適さず条件によってはグリーンロット腐食を生じ極めて短時間で熱起電力の大幅な低下を引き起こす。Niを主成分とするため硫黄を含む雰囲気には適さない。
	－	Ni-2Al-2Mn-1Si	
E	＋	Ni-10Cr	-200℃～900℃までの酸化性または不活性雰囲気に適する。還元性の雰囲気には適さない。0℃以下の温度測定にも適する。
	－	Cu-45Ni	
J	＋	99.5Fe	0℃～760℃までの真空・酸化性・還元性および不活性雰囲気に適する。540℃以上では+側のFeの酸化が速まるため太い線を使用する必要がある。0℃以下での使用は不適。
	－	Cu-45Ni	
T	＋	Cu	-200℃～370℃までの酸化性・還元性および不活性雰囲気に適する。0℃以下の温度測定に適する。上限温度はCuの酸化による。
	－	Cu-45Ni	

４、取り付ける前に

４－１　温度センサを保管する場合の注意点

温度センサをすぐに使用しないで、ある期間保管する場合は次のことに気をつけて下さい。

【１】 保管前には、導通及び絶縁抵抗をチェックして下さい。チェック方法は「導通の測り方」と「絶縁抵抗の測り方」に従って下さい。（硝子式で保護管のない場合および素子や素線単体の場合は除きます）

【２】 絶縁抵抗の低下を引き起こす可能性の高い、塵埃や湿気のある箇所は避けて、屋内の乾燥した場所に保管してください。

【３】 長期保管となる場合、端子箱部はポリエチレン袋にいれシリカゲルを同封し、防水包装を行ってください。またシリカゲルの交換は１年毎に行ってください。

【４】 機械的振動や衝撃を与えたり、落としたりしないで下さい。

４－２　導通の測り方

温度センサの出力端子間をテクターでチェックして下さい。基本的には導通があれば使用できます。

テスターを抵抗（Ω）測定レンジにセットしてください。アナログ式、デジタル式のどちらもある程度の抵抗値を指示すれば使用可能です。無限大の値やかなり高めの値（数１００ＫΩ）を指示する場合は、断線している可能性が高い為、弊社へ御連絡の上、御返送下さい。

補償導線付　：　赤、白間(種類によって色が異なる場合があります)
端子箱付　：　＋、－間

素線径	シース径	N	K	E	J	T	R
-	0.25	-	944.3	-	-	-	-
-	0.5	-	242.4	-	-	-	-
-	1.0	61	60.1	76.3	40.0	33	-
-	1.6	24.2	23.5	29.8	15.6	12.9	-
0.32	-	-	12.5	15	7.3	6.3	-
0.5	-	-	-	-	-	-	1.5
-	3.2	6.8	5.92	7.45	3.84	3.22	-
0.65	-	-	3.0	3.6	1.8	1.5	-
0.8	4.8	3.1	2.63	3.31	1.71	1.43	-
1.0	6.4	1.8	1.6	1.97	1.05	0.84	-
-	8.0	1.0	1.03	1.26	0.67	0.54	-
1.6	-	-	0.5	0.6	0.3	0.25	-
2.3	-	-	0.24	0.29	0.14	0.12	-
3.2	-	-	0.12	0.15	0.07	0.06	-

備考：上記の値はシース部分のみの抵抗値であるため、チェックする上での参考値と考えて下さい。温度センサの構造により、導線部分の抵抗値が異なりますので、上記の値に対し若干大きい値になることがあります。また、補償導線の場合は種類が多いため記載できませんので省略しています。

４－２　絶縁抵抗の測り方

温度センサの出力端子と本体の間を絶縁抵抗計（メガー）でチェックして下さい。但し、温度センサの種類やシース、保護管の外径により使用できる絶縁抵抗計の定格電圧が異なります。*もし、不適当な定格の電圧を印可しますと絶縁が破壊され、故障の原因となることがありますので注意が必要です。温度センサに印可可能な定格電圧は下記表に示したとおりです。*出来る限り低めの印可電圧でのチェックをお勧めします。

温度センサ全体が室温状態において、低角電圧で測定した絶縁抵抗値が以下の値以上であれば使用可能です。

熱電対種類/シース外径		絶縁抵抗/印加電圧
保護管付き熱電対		10MΩ/500VDC
シース形	φ0.15≦外径＜φ0.25 ※	5MΩ/25VDC
	φ0.25≦外径＜φ0.5 ※	5MΩ/50VDC
	φ0.5≦外径≦φ2.0	20MΩ/100VDC
	φ2.0＜外径	100MΩ/500VDC

５、取り付ける際に

５－１　取り付ける場所

　工業用に使用される温度センサは、各種製造プラントの運転に際し温度測定を必要とされる箇所に設置されます。しかし、温度センサを取り付ける場所として次の条件は不適当ですので絶対に避けてください。

【１】 近くに高熱の熱源があり、端子箱または接続部（スリーブ）が常時８０℃以上になる箇所但し、防爆型の温度センサは周囲温度６０℃以下に制限されていますので、注意が必要です。

【２】 近くに高電圧の電源があり、漏電等で温度センサに高電圧のかかる恐れのある箇所。

【３】 端子箱のない温度センサで、接続部（スリーブ）が屋外の雨水や散水等にさらされる箇所

【４】 作業員の通路となりうる箇所または近傍で、誤って踏台として使用されたり、衝撃を受ける恐れのある場所。

　その他、シース部分は応力が残留しやすく、塩素イオンを含む腐食環境においては応力腐食割れを起こしやすくなりますので、使用温度に注意が必要です。

　また、石油化学やガス製造プラント等では、危険場所に設置する場合があります。その場合は、危険場所にあった等級の、防爆型センサをご使用下さい。耐圧防爆型および本質安全防爆型の２種類あります。

５－２　正確な温度測定のために

　温度を正確に測定するためには、温度センサを測定したい対象と熱的に平衡状態にする必要があります。そのために周囲からの熱伝達や熱伝導の影響を受け難いように、温度センサを設置しなければなりません。

　測定する対象によって以下の点に注意してください。

【１】 配管またはタンクの中の流体温度測定

保護管の実挿入長が短いと、周囲からの熱影響を受け誤差が生じます。流体の種類、比重量、流速によって必要な挿入長は異なりますので、以下の数値を目安としてそれ以上の長さとなるように設置してください。配管外径が小さい場合は、保護管を流れの上流方向に傾けて設置、エルボウ部分への設置、あるいは測定部の配管サイズを大きくして下さい。

最低必要な挿入長の目安

流体の種類	測温抵抗体
液体	保護管外径の５倍以上＋５０mm
気体	保護管外径の１０倍以上＋５０mm

【２】 固体表面温度測定

測定しようとする個体の表面に、温度センサを密着させます。この際、周囲からの熱影響を避ける為に出来るだけ長く、温度センサを対象物体に沿わせます。周囲が高温の場合には輻射熱の影響を避ける為に測温部に断熱カバーを取り付けます。理想的に表面温度を測定するには固体表面にセンサに合わせた溝をほり、温度センサを埋め込みます。

【３】 炉内温度測定

高温ガスの温度を正確に測定するためには、十分な挿入長が必要です。また雰囲気ガスの影響により素線が劣化し易くなるため、保護管材料の選定やパージガスを採用する等の配慮が必要になります。挿入長は保護管外径の１０から１５倍以上必要とされてます。

５－３　外部配線を接続する際の注意点

温度センサを測定したい箇所に設置した後その信号を受信器に伝える為に外部導線を接続します。

外部導線は熱電対の種類に応じた補償導線を用います。異なった種類の補償導線を用いると大きな誤差を生じますから特に注意が必要です。種類により補償導線の被覆の色が異なりますが、JIS等の規格により色の規定が異なります。

接続部は温度が８０℃以下である事を確認して下さい。補償導線の通常の補償温度範囲は１００℃ですから、高温部で接続しますと思わぬ誤差を生じます。また絶縁被覆材料が使用条件に適合している事を確認して下さい。通常のビニール被覆では９０℃程度が使用可能温度の上限となります。また雨水等のかかる恐れのある場所では、ガラス絶縁被覆の導線は使用しないで下さい。水分や湿気により絶縁抵抗を低下させる事になり、指示不良の原因となることになり、指示不良の原因となることがあります。

５－４　接地の方法

温度センサを設置し外部と導線を接続する際、導線部へのノイズの影響を避ける為にシールドされた導線を用いてシールド線を接地させることがあります。

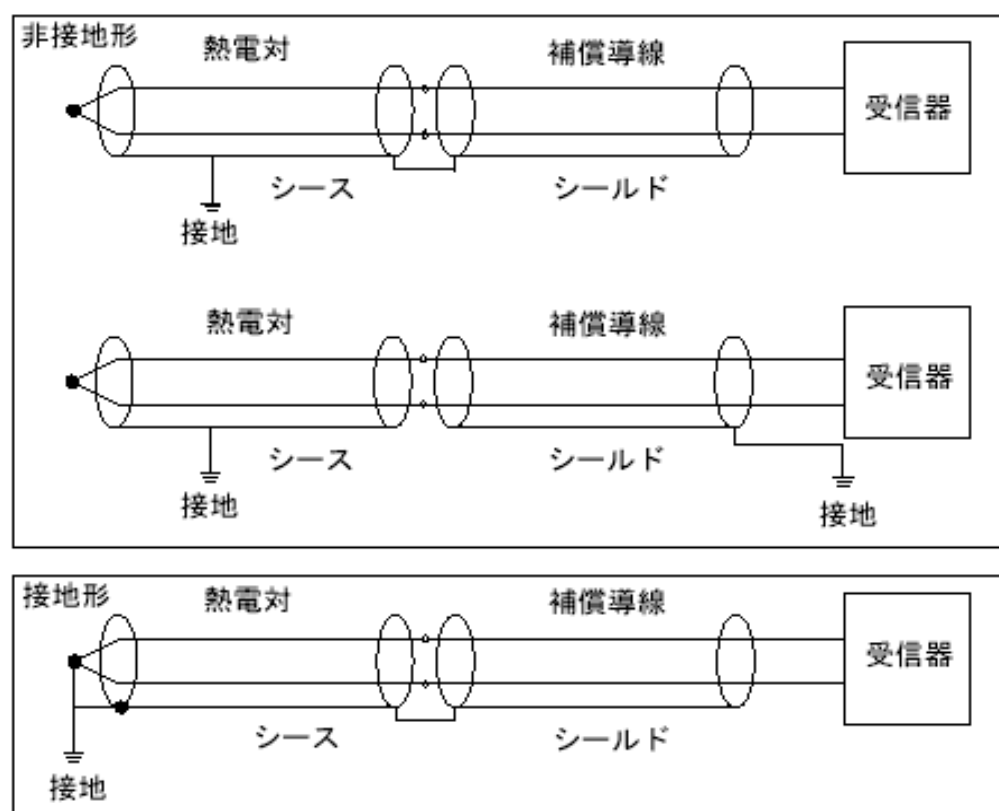
一般的には１点設置が推奨され、熱電対側で設置されていない場合は計器側で接地することになります。

弊社の製品で標準的に導線にシールドが付いているものが付属している場合はシース部が取付の関係で接地することになるため、以下の２形式があります。現地にて温度センサとシールド付の外部導線を接続する際も同様な方法で施工することをお薦めします。

a)導線端末にアース線が引き出されていない場合、シースとシールドを導通させ、シース側で接地させることになります。

b)導線端末にアース線としてリード線が引き出されている場合は、通常計器側にて接地するため、２点接地とならないようシースとシールドは絶縁されています。

また、接地形の熱電対の場合には先端が接地されますので、補償導線側のシールドを計器側で接地させますと２点接地となります。

下記の接地形の図に示したように、シールドは熱電対の接地と同一箇所で設置させる方法を推奨します。

５－５　配線後の注意

外部配線接続後、端子箱内にごみや導線の切れ端が残っていないようにして下さい。導線等が残っていると短絡や絶縁劣化の原因となります。

最後に蓋をしっかり締め、雨水等の浸入を防いで下さい。配線口にアダプター等が付属している場合は、ネジ部のゆるみがないことを確認して下さい。

６、安心して使用するために

６－１　保守にあたって

　温度センサによる温度測定や制御を安心して確実に行うためには保守管理が大切です。使用規模によりその方法は異なりますが、以下の事項を参考に管理手法を決定することをお勧めします。

（１）保守作業の組織化
（２）保守作業者への教育や訓練
（３）保守要員の確保
（４）保守内容の標準化
（５）検査設備の精度管理
（６）保守データの作成管理

６－２　保守点検の方法

　温度センサの保守点検は使用している場所や目的によって異なるためすべて同一に取り扱うことは出来ません。以下に一般的な方法を示しますので、参考にして下さい。

（１）日常の保守点検

温度センサは受信器に接続されてはじめて温度を知ることが出来ます。受信器の示している温度が通常予測される温度範囲にあることを確認することにより異常の早期発見が出来ます。測定点の近傍に別な温度センサがある場合には、その温度センサとの比較により判定できます。

（２）使用条件の確認

温度センサは使用場所や温度によって種類や形状が異なります。特に雰囲気・温度・圧力・流体等の条件は使用する材料・寸法・構造等に大きく影響しますので、使用条件が変化していないことを確認してください。もし、使用条件が変わっている場合は現在の温度センサがその条件に適合しているのかを確認する必要があります。不適合である場合は使用条件に合った温度センサに交換してください。

（３）挿入長の確認

温度センサの測定対象への挿入長が変わると、外部からの熱伝導が異なり、誤差を生ずることがあります。最初に取り付けた条件と同一であることを確認して下さい。

（４）保護管の清掃と点検

使用している間に保護管に付着したスス、ゴミ、スラッジ等は中に入っている温度センサへの熱伝導を悪化させ測定誤差の要因となる場合があります。定期的に取り除いてください。

（５）取付部とその付近の点検

温度センサはネジやフランジ等により測定場所に取り付けられています。場所によってはポンプや動力源からの機械的振動や測定流体による強制振動等が加わります。これらの外力により、締め付け部分にゆるみが生ずる恐れがあります。条件が厳しい場合には溶接部やロウ付け部が損傷を受け、外気が侵入したり、測定流体が外部に漏れることもあります。使用条件が厳しい場合には十分な点検が必要です。特に目の届きにくい場所に取り付けられてる物は見過ごしやすいため注意が必要です。

（６）絶縁抵抗の点検

温度センサを含めて測定回路の絶縁抵抗の点検を行って下さい。絶縁抵抗の低下は指示誤差や誘導障害の原因となります。

（７）結線部の点検

測定回路中の各接続部の接続状態および極性を点検して下さい。

（８）外部導線の点検

温度センサと受信器の間は外部導線で配線されています。この外部導線が損傷したりすると正しい温度測定が出来ません。導通、絶縁抵抗、往復抵抗等を点検してください。

（９）定期点検

正常に動作している温度センサであっても、可能ならば年に１～２回は測定箇所から取り外して、標準温度計との比較検査を実施することをお勧めします。

7、温度センサの校正

温度センサは使用している場所や温度及び周囲の環境により、長期間安定して使用できる場合と短期間で使用に耐えなくなる場合とがあります。従って使用環境に応じた温度センサの取替え時期の設定は日常の保守点検とともに一定の間隔で温度センサの校正を行い、精度の推移を知る事によっても管理できます。このような精度管理を実施する事により生産ライン等の安定した温度管理が可能になります。

温度センサの種類や校正温度によっていろいろな校正の手法があります。以下に一般的な校正の方法を示しますので参考にして下さい。

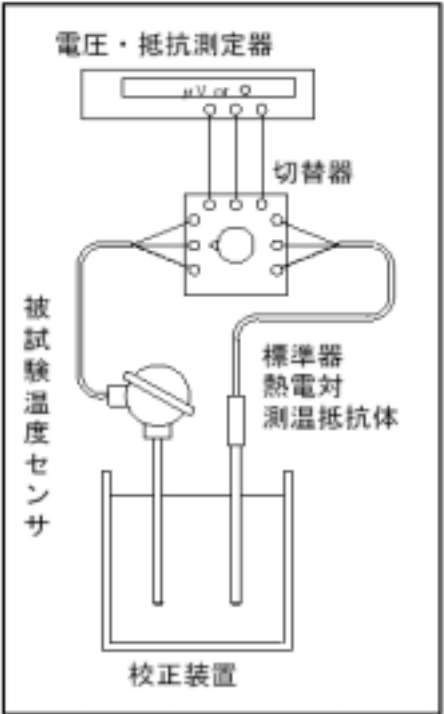
7－1　定点校正

温度定点を用いて校正する手法で特定の温度を高精度で校正するのに有効な方法です。主に一次標準器の校正に用いられます。
ITS-90(1990国際温度目盛り）では下記表に示した定義定点を定めていますが、一般の校正には他の定点が使用される場合があります。

ITS-90の定義定点

物質及びその状態	K	℃
平衡水素の３重点	13.8033	-259.3467
ネオンの３重点	24.5561	-248.5939
酸素の３重点	54.3584	-218.7916
アルゴンの３重点	83.8058	-189.3442
水銀の３重点	234.3156	-38.8344
水の３重点	273.16	0.01
ガリウムの融解点	302.9146	29.7646
インジウムの凝固点	429.7485	156.5985
すずの凝固点	505.078	231.928
亜鉛の凝固点	692.677	419.527
アルミニウムの凝固点	933.473	660.323
銀の凝固点	1234.93	961.78
金の凝固点	1337.33	1064.18

測温抵抗体や熱電対の場合は上記のほかに、窒素や酸素の沸点あるいは水の沸点等が使用されます。

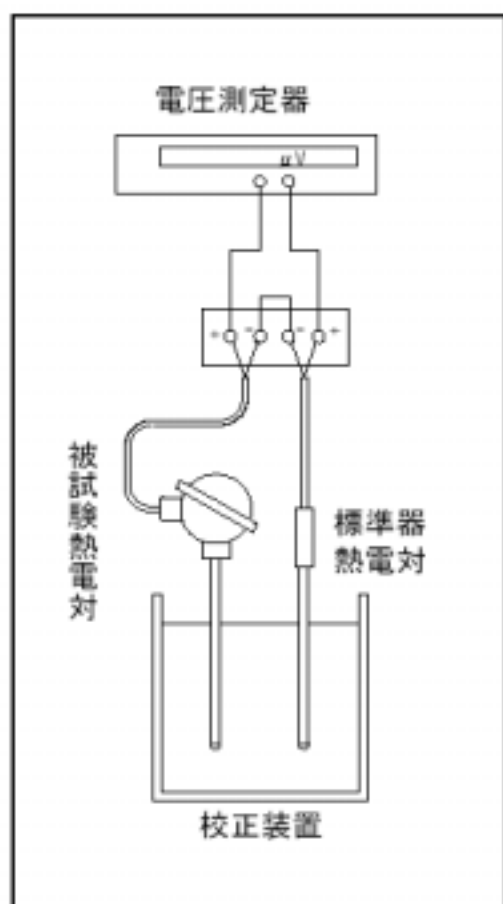
7－2　比較校正

比較校正

最も多く使用される方法で、一般的には公的機関やメーカーで校正された温度センサを基準とし、校正される温度計と校正装置を用いて比較、校正します。

この方法は定点校正と異なり、校正温度をかなり自由に選ぶことが出来ます。代表的な校正装置と校正可能な温度範囲は下記に示します。

校正装置名	校正温度範囲
低温槽	-50～＋5℃
水槽	10～60℃
オイル槽	60～260℃
硝石槽	280～580℃
電気炉	600～1050℃

校正温度

７－３　偏差法

偏差法

比較校正の一種で大量の熱電対を校正する場合に便利です。使用する校正装置は７－２と同じものを使用します。校正する熱電対と同じ種類で、校正する温度で校正済みの熱電対を基準器とし、校正する熱電対と一緒に校正装置内に挿入し両者の熱起電力の差を測定します。この方法では基準接点は必要ありません

７－４　現場校正

温度センサを実際に使用している現場で校正する場合に用いる校正手法です。但し、簡易的な方法とならざるを得ないため、前項までの校正と比較して精度的に劣ります。しかし、定期的に校正データを積み重ねて行くことにより、使用中の温度センサがまだ使えるものであるかそれとも交換の必要があるかを判定する上では、特別な設備が不要であるため実際的な方法と言えます。

a)差し替え法

校正済みの温度センサを準備し、使用中の温度センサと差し替えて指示温度の比較をします。

この方法の場合、測定対象の温度が長期間安定している事が必要条件となります。測定の際は、保護管の応答遅れも考慮し、充分な時間を掛ける必要があります。また挿入長さも合わせる必要があります。

b)並行挿入法

校正済みの温度センサを、使用中の温度センサの出来るだけ近くに設置して指示温度の比較をします。

この方法では、測定対象によりあらかじめ使用中の温度センサと並行した挿入孔または保護管の設置が必要になります。また、使用中のセンサと同一の挿入深さで測定する必要があります。

８、故障したときに

８－１　予測される故障例

　温度センサの故障は、通常温度指示の異常により発見されます。但し、温度指示の異常すべてが温度センサの故障につながるわけではないため、その故障の内容により原因を正確に把握する必要があります。

　最も多く発生する故障事例は断線あるいは絶縁不良によると思われます。しかしそれらの原因によって生ずる現象は接続されている機器や周囲の環境によって大きく左右されます。

８－２　不具合現象および対策

不 具 合 現 象	発 生 時 期		推 定 原 因	対　策
	始動時	運転時		
温度指示がマイナス側にスケールアウトする	○		3線式の接続違い	点検し、正常に接続しなおす
	○	○	・抵抗素子部の短絡 ・受信器のバーンアウト設定が下限側で、抵抗素子または延長導線の断線または端子部での導通なし	・テスターにより短絡の有無を点検し、交換または端子接続をやり直す
指示がプラス側にスケールアウトする	○	○	・抵抗素子部の断線 ・受信器のバーンアウト設定が上限側で、抵抗素子または延長導線の断線または端子部での導通なし	・テスターにより断線の有無を点検し、交換または端子接続をやり直す
温度変化しても指示が変らない	○	○	・受信器の故障	・点検し、修理または交換
指示値が不安定	○	○	・抵抗素子または延長導線の不完全断線 ・接続端子部の接触不良 ・受信器の故障	・テスターにより断線および導通の有無を点検し、交換または端子接続をやり直す ・点検し、修理または交換
	○		・電気雑音(ノイズ)の影響	・調査後、接地の方式やシールドを変更する。
指示値が正常ではない	○		・測温抵抗体の抵抗値不良 ・測温抵抗体の設置不具合 ・受信器の種類、レンジの設定違い	・交換 ・設置位置、挿入長さ、取付け方法を点検し再設置 ・調査し、再設定
		○	・測温抵抗体、延長導線の絶縁劣化 ・測温抵抗体の取付け状況の変化 ・受信器の故障	・交換 ・点検し修理または交換 ・点検し修理または交換
指示値が数%高い	○		Pt用の計器にJPtの測温抵抗体を接続	規格にあった測温抵抗体と交換
指示値が数%低い	○		JPt用の計器にPtの測温抵抗体を接続	規格にあった測温抵抗体と交換

9、熱電対基準熱起電力表

B Thermocouple　　UNIT: μV　　ITS-90

°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	0	- 2	- 3	- 2	0	2	6	11	17	25	33
100	33	43	53	65	78	92	107	123	141	159	178
200	178	199	220	243	267	291	317	344	372	401	431
300	431	462	494	527	561	596	632	669	707	746	787
400	787	828	870	913	957	1 002	1 048	1 095	1 143	1 192	1 242
500	1 242	1 293	1 344	1 397	1 451	1 505	1 561	1 617	1 675	1 733	1 792
600	1 792	1 852	1 913	1 975	2 037	2 101	2 165	2 230	2 296	2 363	2 431
700	2 431	2 499	2 569	2 639	2 710	2 782	2 854	2 928	3 002	3 078	3 154
800	3 154	3 230	3 308	3 386	3 466	3 546	3 626	3 708	3 790	3 873	3 957
900	3 957	4 041	4 127	4 213	4 299	4 387	4 475	4 564	4 653	4 743	4 834
1000	4 834	4 926	5 018	5 111	5 205	5 299	5 394	5 489	5 585	5 682	5 780
1100	5 780	5 878	5 976	6 075	6 175	6 276	6 377	6 478	6 580	6 683	6 786
1200	6 786	6 890	6 995	7 100	7 205	7 311	7 417	7 524	7 632	7 740	7 848
1300	7 848	7 957	8 066	8 176	8 286	8 397	8 508	8 620	8 731	8 844	8 956
1400	8 956	9 069	9 182	9 296	9 410	9 524	9 639	9 753	9 868	9 984	10 099
1500	10 099	10 215	10 331	10 447	10 563	10 679	10 796	10 913	11 029	11 146	11 263
1600	11 263	11 380	11 497	11 614	11 731	11 848	11 965	12 082	12 199	12 316	12 433
1700	12 433	12 549	12 666	12 782	12 898	13 014	13 130	13 246	13 361	13 476	13 591
1800	13 591	13 706	13 820								

R Thermocouple　　UNIT: μV　　ITS-90

°C	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90	-100
0	0	- 51	- 100	- 145	- 188	- 226					
°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	0	54	111	171	232	296	363	431	501	573	647
100	647	723	800	879	959	1 041	1 124	1 208	1 294	1 381	1 469
200	1 469	1 558	1 648	1 739	1 831	1 923	2 017	2 112	2 207	2 304	2 401
300	2 401	2 498	2 597	2 696	2 796	2 896	2 997	3 099	3 201	3 304	3 408
400	3 408	3 512	3 616	3 721	3 827	3 933	4 040	4 147	4 255	4 363	4 471
500	4 471	4 580	4 690	4 800	4 910	5 021	5 133	5 245	5 357	5 470	5 583
600	5 583	5 697	5 812	5 926	6 041	6 157	6 273	6 390	6 507	6 625	6 743
700	6 743	6 861	6 980	7 100	7 220	7 340	7 461	7 583	7 705	7 827	7 950
800	7 950	8 073	8 197	8 321	8 446	8 571	8 697	8 823	8 950	9 077	9 205
900	9 205	9 333	9 461	9 590	9 720	9 850	9 980	10 111	10 242	10 374	10 506
1000	10 506	10 638	10 771	10 905	11 039	11 173	11 307	11 442	11 578	11 714	11 850
1100	11 850	11 986	12 123	12 260	12 397	12 535	12 673	12 812	12 950	13 089	13 228
1200	13 228	13 367	13 507	13 646	13 786	13 926	14 066	14 207	14 347	14 488	14 629
1300	14 629	14 770	14 911	15 052	15 193	15 334	15 475	15 616	15 758	15 899	16 040
1400	16 040	16 181	16 323	16 464	16 605	16 746	16 887	17 028	17 169	17 310	17 451
1500	17 451	17 591	17 732	17 872	18 012	18 152	18 292	18 431	18 571	18 710	18 849
1600	18 849	18 988	19 126	19 264	19 402	19 540	19 677	19 814	19 951	20 087	20 222
1700	20 222	20 356	20 488	20 620	20 749	20 877	21 003				

S Thermocouple　　UNIT: μV　　ITS-90

°C	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90	-100
0	0	- 53	- 103	- 150	- 194	- 236					
°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	0	55	113	173	235	299	365	433	502	573	646
100	646	720	795	872	950	1 029	1 110	1 191	1 273	1 357	1 441
200	1 441	1 526	1 612	1 698	1 786	1 874	1 962	2 052	2 141	2 232	2 323
300	2 323	2 415	2 507	2 599	2 692	2 786	2 880	2 974	3 069	3 164	3 259
400	3 259	3 355	3 451	3 548	3 645	3 742	3 840	3 938	4 036	4 134	4 233
500	4 233	4 332	4 432	4 532	4 632	4 732	4 833	4 934	5 035	5 137	5 239
600	5 239	5 341	5 443	5 546	5 649	5 753	5 857	5 961	6 065	6 170	6 275
700	6 275	6 381	6 486	6 593	6 699	6 806	6 913	7 020	7 128	7 236	7 345
800	7 345	7 454	7 563	7 673	7 783	7 893	8 003	8 114	8 226	8 337	8 449
900	8 449	8 562	8 674	8 787	8 900	9 014	9 128	9 242	9 357	9 472	9 587
1000	9 587	9 703	9 819	9 935	10 051	10 168	10 285	10 403	10 520	10 638	10 757
1100	10 757	10 875	10 994	11 113	11 232	11 351	11 471	11 590	11 710	11 830	11 951
1200	11 951	12 071	12 191	12 312	12 433	12 554	12 675	12 796	12 917	13 038	13 159
1300	13 159	13 280	13 402	13 523	13 644	13 766	13 887	14 009	14 130	14 251	14 373
1400	14 373	14 494	14 615	14 736	14 857	14 978	15 099	15 220	15 341	15 461	15 582
1500	15 582	15 702	15 822	15 942	16 062	16 182	16 301	16 420	16 539	16 658	16 777
1600	16 777	16 895	17 013	17 131	17 249	17 366	17 483	17 600	17 717	17 832	17 947
1700	17 947	18 061	18 174	18 285	18 395	18 503	18 609				

N Thermocouple UNIT: μV ITS-90

° C	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90	-100
-200	-3 990	-4 083	-4 162	-4 226	-4 277	-4 313	-4 336	-4 345			
-100	-2 407	-2 612	-2 808	-2 994	-3 171	-3 336	-3 491	-3 634	-3 766	-3 884	-3 990
0	0	- 260	- 518	- 772	-1 023	-1 269	-1 509	-1 744	-1 972	-2 193	-2 407
° C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	0	261	525	793	1 065	1 340	1 619	1 902	2 189	2 480	2 774
100	2 774	3 072	3 374	3 680	3 989	4 302	4 618	4 937	5 259	5 585	5 913
200	5 913	6 245	6 579	6 916	7 255	7 597	7 941	8 288	8 637	8 988	9 341
300	9 341	9 696	10 054	10 413	10 774	11 136	11 501	11 867	12 234	12 603	12 974
400	12 974	13 346	13 719	14 094	14 469	14 846	15 225	15 604	15 984	16 366	16 748
500	16 748	17 131	17 515	17 900	18 286	18 672	19 059	19 447	19 835	20 224	20 613
600	20 613	21 003	21 393	21 784	22 175	22 566	22 958	23 350	23 742	24 134	24 527
700	24 527	24 919	25 312	25 705	26 098	26 491	26 883	27 276	27 669	28 062	28 455
800	28 455	28 847	29 239	29 632	30 024	30 416	30 807	31 199	31 590	31 981	32 371
900	32 371	32 761	33 151	33 541	33 930	34 319	34 707	35 095	35 482	35 869	36 256
1000	36 256	36 641	37 027	37 411	37 795	38 179	38 562	38 944	39 326	39 706	40 087
1100	40 087	40 466	40 845	41 223	41 600	41 976	42 352	42 727	43 101	43 474	43 846
1200	43 846	44 218	44 588	44 958	45 326	45 694	46 060	46 425	46 789	47 152	47 513
1300	47 513										

K Thermocouple UNIT: μV ITS-90

° C	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90	-100
-200	-5 891	-6 035	-6 158	-6 262	-6 344	-6 404	-6 441	-6 458			
-100	-3 554	-3 852	-4 138	-4 411	-4 669	-4 913	-5 141	-5 354	-5 550	-5 730	-5 891
0	0	- 392	- 778	-1 156	-1 527	-1 889	-2 243	-2 587	-2 920	-3 243	-3 554
° C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	0	397	798	1 203	1 612	2 023	2 436	2 851	3 267	3 682	4 096
100	4 096	4 509	4 920	5 328	5 735	6 138	6 540	6 941	7 340	7 739	8 138
200	8 138	8 539	8 940	9 343	9 747	10 153	10 561	10 971	11 382	11 795	12 209
300	12 209	12 624	13 040	13 457	13 874	14 293	14 713	15 133	15 554	15 975	16 397
400	16 397	16 820	17 243	17 667	18 091	18 516	18 941	19 366	19 792	20 218	20 644
500	20 644	21 071	21 497	21 924	22 350	22 776	23 203	23 629	24 055	24 480	24 905
600	24 905	25 330	25 755	26 179	26 602	27 025	27 447	27 869	28 289	28 710	29 129
700	29 129	29 548	29 965	30 382	30 798	31 213	31 628	32 041	32 453	32 865	33 275
800	33 275	33 685	34 093	34 501	34 908	35 313	35 718	36 121	36 524	36 925	37 326
900	37 326	37 725	38 124	38 522	38 918	39 314	39 708	40 101	40 494	40 885	41 276
1000	41 276	41 665	42 053	42 440	42 826	43 211	43 595	43 978	44 359	44 740	45 119
1100	45 119	45 497	45 873	46 249	46 623	46 995	47 367	47 737	48 105	48 473	48 838
1200	48 838	49 202	49 565	49 926	50 286	50 644	51 000	51 355	51 708	52 060	52 410
1300	52 410	52 759	53 106	53 451	53 795	54 138	54 479	54 819			

E Thermocouple UNIT: μV ITS-90

° C	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90	-100
-200	-8 825	-9 063	-9 274	-9 455	-9 604	-9 718	-9 797	-9 835			
-100	-5 237	-5 681	-6 107	-6 516	-6 907	-7 279	-7 632	-7 963	-8 273	-8 561	-8 825
0	0	- 582	-1 152	-1 709	-2 255	-2 787	-3 306	-3 811	-4 302	-4 777	-5 237
° C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	0	591	1 192	1 801	2 420	3 048	3 685	4 330	4 985	5 648	6 319
100	6 319	6 998	7 685	8 379	9 081	9 789	10 503	11 224	11 951	12 684	13 421
200	13 421	14 164	14 912	15 664	16 420	17 181	17 945	18 713	19 484	20 259	21 036
300	21 036	21 817	22 600	23 386	24 174	24 964	25 757	26 552	27 348	28 146	28 946
400	28 946	29 747	30 550	31 354	32 159	32 965	33 772	34 579	35 387	36 196	37 005
500	37 005	37 815	38 624	39 434	40 243	41 053	41 862	42 671	43 479	44 286	45 093
600	45 093	45 900	46 705	47 509	48 313	49 116	49 917	50 718	51 517	52 315	53 112
700	53 112	53 908	54 703	55 497	56 289	57 080	57 870	58 659	59 446	60 232	61 017
800	61 017	61 801	62 583	63 364	64 144	64 922	65 698	66 473	67 246	68 017	68 787
900	68 787	69 554	70 319	71 082	71 844	72 603	73 360	74 115	74 869	75 621	76 373
1000	76 373										

J Thermocouple　UNIT: μV　ITS-90

°C	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90	-100
-200	-7 890	-8 095									
-100	-4 633	-5 037	-5 426	-5 801	-6 159	-6 500	-6 821	-7 123	-7 403	-7 659	-7 890
0	0	- 501	- 995	-1 482	-1 961	-2 431	-2 893	-3 344	-3 786	-4 215	-4 633
°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	0	507	1 019	1 537	2 059	2 585	3 116	3 650	4 187	4 726	5 269
100	5 269	5 814	6 360	6 909	7 459	8 010	8 562	9 115	9 669	10 224	10 779
200	10 779	11 334	11 889	12 445	13 000	13 555	14 110	14 665	15 219	15 773	16 327
300	16 327	16 881	17 434	17 986	18 538	19 090	19 642	20 194	20 745	21 297	21 848
400	21 848	22 400	22 952	23 504	24 057	24 610	25 164	25 720	26 276	26 834	27 393
500	27 393	27 953	28 516	29 080	29 647	30 216	30 788	31 362	31 939	32 519	33 102
600	33 102	33 689	34 279	34 873	35 470	36 071	36 675	37 284	37 896	38 512	39 132
700	39 132	39 755	40 382	41 012	41 645	42 281	42 919	43 559	44 203	44 848	45 494
800	45 494	46 141	46 786	47 431	48 074	48 715	49 353	49 989	50 622	51 251	51 877
900	51 877	52 500	53 119	53 735	54 347	54 956	55 561	56 164	56 763	57 360	57 953
1000	57 953	58 545	59 134	59 721	60 307	60 890	61 473	62 054	62 634	63 214	63 792
1100	63 792	64 370	64 948	65 525	66 102	66 679	67 255	67 831	68 406	68 980	69 553
1200	69 553										

T Thermocouple　UNIT: μV　ITS-90

°C	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90	-100
-200	-5 603	-5 753	-5 888	-6 007	-6 105	-6 180	-6 232	-6 258			
-100	-3 379	-3 657	-3 923	-4 177	-4 419	-4 648	-4 865	-5 070	-5 261	-5 439	-5 603
0	0	- 383	- 757	-1 121	-1 475	-1 819	-2 153	-2 476	-2 788	-3 089	-3 379
°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	0	391	790	1 196	1 612	2 036	2 468	2 909	3 358	3 814	4 279
100	4 279	4 750	5 228	5 714	6 206	6 704	7 209	7 720	8 237	8 759	9 288
200	9 288	9 822	10 362	10 907	11 458	12 013	12 574	13 139	13 709	14 283	14 862
300	14 862	15 445	16 032	16 624	17 219	17 819	18 422	19 030	19 641	20 255	20 872
400	20 872										

備考

（１）掲載した規準熱起電力表は以下に記載する4種類の規格と全く同一の特性である。

JIS C 1602-1995 ,1605-1995（日本）　IEC 584-1-1995（国際）　ASTM E 230-1996 （米国）

１０、補償導線のカラーコード

組み合わされる熱電対	補償導線材質		JIS C 1610 区分１				JIS C 1610 区分2			ASTM (ANSI MC 96.1)			BS 1843			DIN 43711		
			種類記号	絶縁		外被	絶縁		外被	絶縁		外被	絶縁		外被	絶縁		外被
記号	＋	−		＋	−		＋	−		＋	−		＋	−		＋	−	
B	Cu	Cu	BC	灰	白	灰	赤	白	灰	灰	赤	灰	-	-	-	-	-	-
R	Cu	Cu-Ni	RCA/RCB	橙	白	橙	赤	白	黒	黒	赤	緑	白	青	緑	-	-	-
S	Cu	Cu-Ni	SCA/SCB	橙	白	橙	赤	白	黒	黒	赤	緑	-	-	-	赤	白	白
N	Ni- Cr	Ni-Si	NX	桃	白	桃	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K	Ni-Cr	Ni-Al	KX	緑	白	緑	赤	白	青	黄	赤	黄	茶	青	赤	赤	緑	緑
	Ni-Cr	Ni-Al	KCA							-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Fe	Cu-Ni	KCB							-	-	-	白	青	赤	-	-	-
	Cu	Cu-Ni	KCC							-	-	-	-	-	-	-	-	-
E	Ni-Cr	Cu-Ni	EX	青紫	白	青紫	赤	白	紫	紫	赤	紫	茶	青	茶	-	-	-
J	Fe	Cu-Ni	JX	黒	白	黒	赤	白	黄	白	赤	黒	黄	青	黒	赤	青	青
T	Cu	Cu-Ni	TX	茶	白	茶	赤	白	茶	青	赤	青	白	青	青	赤	茶	茶

１１、熱電対の許容差

規格 Standard / 記号 Symbol	JIS C1602-1995			IEC 584-2-1982		ASTM E230-1996		
	温度範囲 Temp. Range	クラス Class	許容差 Tolerance °C	クラス Class	許容差 Tolerance °C	温度範囲 Temp. Range	クラス Class	許容差 Tolerance °C
B	600°C~1700°C	2	±0.0025|t|	2	±0.0025|t|	870°C ~1700°C	STD.	±0.5 %
	600°C~800°C	3	±4	3	±4			
	800°C~1700°C		±0.005|t|		±0.005|t|			
R & S	0°C~+1100°C	1	±1	1	±1	0°C~+1480°C	SP.	±0.6 or ±0.1 %
	0°C~600°C	2	±1.5	2	±1.5		STD.	±1.5 or ±0.25 %
	600°C~1600°C		±0.0025|t|		±0.0025|t|			
N & K	-40°C~+375°C	1	±1.5	1	±1.5	0°C~+1260°C	SP.	±1.1 or ±0.4 %
	375°C~1000°C		±0.004|t|		±0.004|t|			
	-40°C~+333°C	2	±2.5	2	±2.5		STD.	±2.2 or ±0.75 %
	333°C~1200°C		±0.0075|t|		±0.0075|t|			
	-167°C~+40°C	3	±2.5	3	±2.5	-200°C~0°C	STD.	±2.2 or ±2 %
	-200°C~-167°C		±0.015|t|		±0.015|t|			
E	-40°C~+375°C	1	±1.5	1	±1.5	0°C~+870°C	SP.	±1 or ±0.4 %
	375°C~800°C		±0.004|t|		±0.004|t|			
	-40°C~+333°C	2	±2.5	2	±2.5		STD.	±1.7 or ±0.5 %
	333°C~900°C		±0.0075|t|		±0.0075|t|			
	-167°C~+40°C	3	±2.5	3	±2.5	-200°C~0°C	STD.	±1.7 or ±1 %
	-200°C~-167°C		±0.015|t|		±0.015|t|			
J	-40°C~+375°C	1	±1.5	1	±1.5	0°C~+760°C	SP.	±1.1 or ±0.4 %
	375°C~750°C		±0.004|t|		±0.004|t|			
	-40°C~+333°C	2	±2.5	2	±2.5		STD.	±2.2 or ±0.75 %
	333°C~750°C		±0.0075|t|		±0.0075|t|			
T	-40°C~+125°C	1	±0.5	1	±0.5	0°C~+370°C	SP.	±0.5 or ±0.4 %
	125°C~350°C		±0.004|t|		±0.004|t|			
	-40°C~+133°C	2	±1.0	2	±1.0		STD.	±1 or ±0.75 %
	133°C~350°C		±0.0075|t|		±0.0075|t|			
	-67°C~+40°C	3	±1.0	3	±1.0	-200°C~0°C	STD.	±1 or ±1.5 %
	-200°C~-67°C		±0.015|t|		±0.015|t|			

（１）許容差とは、熱起電力を規準熱起電力表によって換算した温度から、測温接点の温度を引いた値の許される最大限度をいう。
（２）ASTMの許容差は℃または測定温度の%のどちらか大きな値とする。
（３）|t|は＋、－の符号に無関係な温度（℃）で示される測定温度である。
（４）クラス1,2,3は旧JISの0.4,0.75,1.5級にほぼ対応する。
（５）JIS,BS,DIN規格はIEC規格と同一である。
（６）JIS C 1605 の許容差は JIS C 1602 と全く同一である。
（７）ASTM規格は旧ANSI規格である。

９、当社製品の保証について

当社製品は、社内基準に基づき適切な社内検査を実施しておりますが、
万一不適合発生の際は、その状況を御確認の上、弊社営業部まで
ご連絡下さい。

保証期間

製品の保証期間は、納入後約１年とさせて頂きます。

保証範囲

上記保証期間中に当社の責により不適合が発生した場合は、
その製品の交換、または修理を行います。
但し、次に該当する場合はこの保証の対象範囲外とします。

①不適当な取り扱い、使用による場合。

②不適合の原因が納入品以外の事由による場合。

③当社以外の改造、修理による場合。

④使用目的・用途が消耗品的な場合。

⑤その他、天災・災害による場合。

なお、ここでいう保証は製品単体の保証を意味するもので、納入後の
不適合により誘発される損害については免責とさせて頂きます。